白菜類蔬菜育種

張連宗

亞洲蔬菜研究發展中心

前言

蔬菜是大眾生活不可或缺的必需品，而十字花科（Cruciferae）蔬菜則是台灣最常見的菜蔬。台灣菜價的起落漲跌，大多取決於葉菜類蔬菜的供應量。葉用蔬菜又以白菜居於最關鍵的地位，其次是甘藍和芥菜。台灣栽培的十字花科蔬菜，最常見的種類是白菜，依次是甘藍、蘿蔔和芥菜。白菜類（*Brassica campestris*）蔬菜（表 1.）可分為八個亞種，又各自分化成許多變種。品種繁多，一年四季，上山下海，無所不在，形形色色，蒸煮炒炸，醃漬泡涮，無所不能。

白菜類蔬菜的八個亞種，以大白菜亞種（ssp. *pekinensis*）最為重要，葉的中肋寬扁，能結球，以漳浦白菜為主的一代交配雜交品種，已經分化成早、中、晚熟性系列，只要選用適當的品種，交替種植，殆足以週年生產。山東白菜與天津白菜性好冷涼氣候，只有在冬天的平地，夏季高冷地少量栽培，供應有特殊偏好的北方菜館。汕頭白菜盛產於泰國的曼谷都會區，因為質地特別脆嫩，很不耐運輸，而且產量很低，所以在台灣殆無經濟栽培，採種幾乎全數外銷。尼龍白菜是從皇京白菜與鳳山白菜自然雜交的單株後代選育出來的半結球新菜種，發源於台南喜樹，在台南市郊較為盛行，其他都會區也有小面積栽培，直銷當地市場。小白菜亞種（ssp. *chinensis*）的葉柄寬扁、厚扁乃至扁圓不等，都不結球，以土白菜為主，青梗白菜居次，扁合白菜與葵扇白菜則鮮少種植。台灣各地栽種的本土化小白菜，普通稱為土白菜，其中以鳳山白菜最優秀。鳳山分所育成的台農一號，是以鳳山白菜與皇京白菜做親本，進行人工雜交育種，比鳳山白菜品質柔軟，風味甘甜，耐熱豐產，適合夏季栽培。鄭奇種苗公司育成的晚生小白菜，則是應用黃金白菜與日本進口的一條根晚生小白菜進行雜交育種，耐寒又耐熱，適應性很廣，單一品種就能週年栽培，夏作比本產的土白菜高產，冬作比進口的日本小白菜質優。小油菜亞種（ssp. *parachinensis*）的葉柄扁圓乃至圓形，不能結球，以油菜為主，油菜心居次，紅菜苔只零星栽植。油菜平常不抽花苔，較耐寒，產量也較高。油菜心則以花苔為主產物，原來是廣東的特色菜種，光復以後才引進台灣。鄭奇種苗公司育成的極晚生油菜，則是應用晚生油菜與青梗白菜做親本，進行雜交育種，兼有豐產、耐熱又耐寒的特性，可以週年栽培生產，還帶有青梗白菜的扁圓甲特性，所以又稱為油白菜。烏塌菜亞種（ssp. *narinosa*）的葉片墨綠色，塌地生長，葉柄扁圓，耐寒力強。上海一帶栽培的塌棵菜不能結球。瓢兒菜頂芽較發達，能夠半結球，是南京一帶的特產。在日本演化專供漬菜用的小葉白菜（ssp. *japonica*），葉片細長，叢生側芽。壬生菜的葉片全緣，京水菜則是葉緣深裂。蕪

菁亞種（ ssp. *rapifera* ）多以肥大的根部為主產物，而日本的野澤菜是以全株葉供鮮食或醃漬用。

表 1. 常見的白菜類（ *Brassica campestris* ）蔬菜

亞　種	英　名	品　種	用途
campestris	sarson	蕓苔	油料
pekinensis	Chinese cabbage	漳浦白菜	鮮食、泡菜
大白菜		山東白菜	鮮食、涮菜
		天津白菜	鮮食、冬菜
		洛陽白菜	鮮食
		花心白菜	鮮食
		汕頭白菜	鮮食
		尼龍白菜	鮮食
chinensis	pak choi	土白菜	鮮食、綠肥、蜜源
小白菜		青梗白菜	鮮食
		扁合白菜	鮮食、醃菜
		葵扇白菜	鮮食、醃菜
parachinensis	choy sum	油菜	鮮食、油料、飼料、綠肥、蜜源
小油菜		油菜心	鮮食、油料、飼料、綠肥、蜜源
		紅菜苔	鮮食
narinosa	taatsai	烏塌菜	鮮食
烏塌菜		塌棵菜	鮮食
		瓢兒菜	鮮食
japonica		壬生菜	鮮食、漬菜
		京水菜	鮮食、漬菜
oleifera	turnip rape		油料
rapifera	turnip	蕪菁	鮮食、飼料
蕪菁		野澤菜	鮮食、漬菜

一般植物性狀

白菜類蔬菜是二年生或一年生的草本植物。主根纖細，側根發達，多分佈於 30 公分的表土層，有相當發達的淺根系。

子葉兩枚，對生，腎臟形至倒心臟形，有葉柄。基生葉兩枚，對生，與子葉垂直呈十字形，葉片長橢圓形，長度大于寬度三倍，大多有明顯的葉柄。在營養生長時期，莖部短縮，愈近頂端節間越短，每節發生根出葉一枚，密集而形成蓮座。進入生殖生長時期，由短縮莖的頂端發生花莖。花莖伸長迅速並發生分枝而長成相當高大的植株。植株基部的分枝較長而上部的分枝短，使整株形成圓錐狀。花

莖淡綠色至綠色，表面有蠟粉。根出葉單生，葉片闊大，葉緣全緣或波狀，色淡綠至墨綠色，表面無明顯蠟粉，葉背脈上有毛或無毛。花莖與花枝上發生的莖生葉，小於根出葉，互生。下部的莖生葉較寬大，上部的葉漸漸的窄小，表面有明顯的蠟粉。

花序為總狀花序，未開花之前短縮，開花結果時不斷伸長，花集中於花序頂端，已開的花高出於花蕾。花形整齊，雙性完全花，黃色，直徑 1.2 至 1.8 公分。花萼四枚，綠色。花瓣四枚，交叉對生成十字形，其基部窄長成爪狀，上部瓣片寬大，冠檐開展，淡黃至黃色。花瓣基部有蜜腺四枚，能分泌蜜汁引誘昆虫，為虫媒花。雄蕊六枚，排列成兩輪，內輪四枚，其花絲較長，外輪兩枚，其花絲較短，所以稱為四強雄蕊。花藥二室，成熟時縱裂而釋放花粉。雌蕊一枚，子房上位，兩心室，一花柱，柱頭為頭狀（圖 1.）。

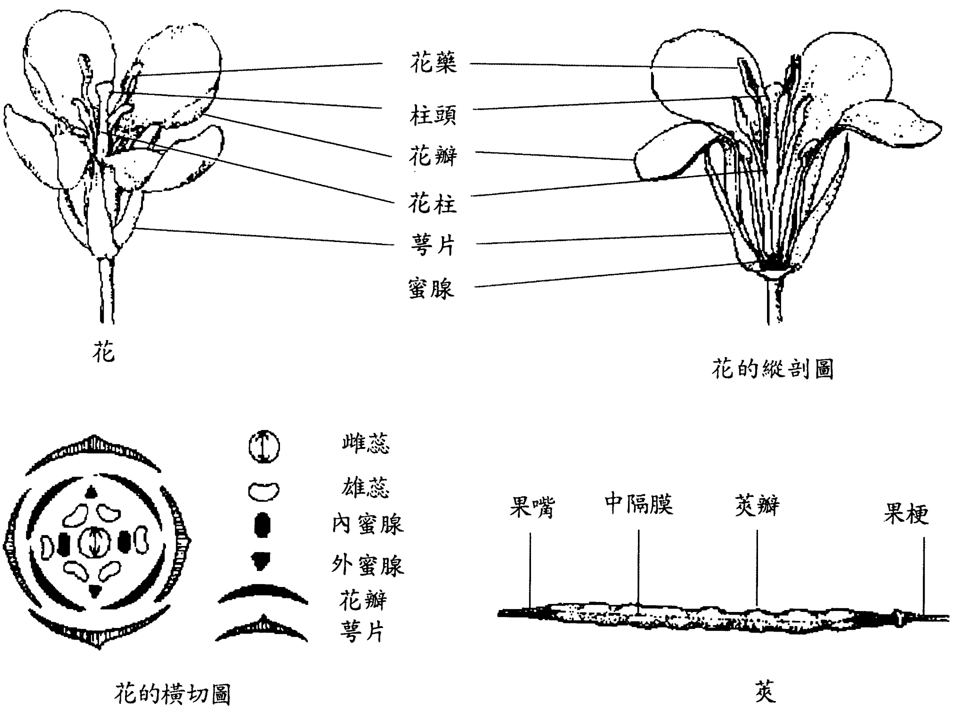

圖 1.　白菜的花與莢

果實為長角果，細圓筒形，長3至6公分，有柄。成熟時，由尾端縱裂張開為兩個半圓形莢瓣，種子著生於中隔膜兩側胎座上，果實先端有細瘦果嘴，以橫隔膜與角果本身分開。果嘴內無種子。種子圓球形，直徑小於2公厘，紅褐至深褐色。種子內無胚乳，子葉兩枚，因貯藏養分而肥厚，互相褶疊，上面的一枚通常比較大。

授粉技術

白菜花滿開之時，柱頭略高於花藥，又在花瓣基部有四枚蜜腺分泌蜜汁，能引誘昆虫採蜜而媒介授粉。自然授粉以蜜蜂為主，黃蜂、蝶、蛾、蠅類也能媒介，常異交。進行育種工作時，必須人工控制授粉，以確保交配目標。控制授粉的方式，有除雄、套袋、罩網、以及網室、溫室，或空間隔離進行大面積採種。

授粉用具不外硫酸紙袋或網袋，75%酒精，棉花，培養皿，夾子，標示牌，鉛筆，鑷子或毛筆。如果開花時期不能配合，可以設法貯藏花粉。搜集蜜蜂的胸部，先用清水再用 75%酒精洗淨晒乾，各別插根牙籤，做成像棉球棒的蜂胸棒，冷藏備用。沾帶花粉的蜂胸棒，放在裝著矽膠的玻璃瓶內密封，以-10 至-12℃的冰箱冷凍室貯藏，可以保存三、四個月。花粉使用前，先移到 5℃的冰箱冷藏室解凍，數小時後才拿出來，再經過室溫 30 分鐘以上，才行授粉。

隔離套袋之前，需將已開的花摘除淨盡，等待開足需要的花數才行人工授粉。如無自交不親和之虞，則可用毛筆沾同株花粉行自交授粉。如欲檢驗自交不親和性，則需用尖鑷子，先摘除已開太老的花朵與太嫩的小蕾，再夾開花蕾使柱頭露出，取同株套袋內的新鮮花粉沾授在柱頭上，同時進行開花和蕾期授粉。進行雜交授粉時，一般是先把已開的花與當天即將開的大花蕾，以及太嫩的小花蕾摘除，再用尖利鑷子去雄，夾除六枚花藥，即時進行蕾期雜交授粉。如果確定母本具備自交不親和性，也可以將未開之花蕾摘除，而只進行開花雜交授粉。完成授粉重行套袋前，須在授粉花枝上懸掛標示牌，註明授粉日期、授粉方式（自交授粉之開花授粉與蕾期授粉花數，或雜交授粉之組合與花數）。等待套在袋內的花瓣脫落以後，才將套袋解除，以利種子發育。

育種目標

白菜品種改良工作者，傳統上都以豐產、優質、抗病和抗逆性做為共同追求的育種目標。隨著社會變遷，家庭結構變化，現代家庭的人口數減少，又因冰箱的普遍化，傳統上的「大」白菜也應消費者的需求而小型化。品種改良的目的在於滿足生產者與消費者對優良品種的需求。白菜的品種改良，必須因應當前乃至將來一段時期生產與消費市場的要求而未雨綢繆。

一、豐產性

白菜單位面積產量的構成因素是平均單株重、單位面積株數與收穫指數。收穫指數就是淨菜率，即平均單株淨菜重除以平均單株毛菜重。除了大白菜以葉球為商品外，其他小葉菜都全株採收銷售。植株高大，株型直立是提升單位面積產量的主要前題。大白菜還得重視淨菜率的提高。選擇生理上光合作用強而呼吸作用弱的高光效型，淨同化率高，淨 CO_2 交換率高，光合產物傳輸速度快及根系吸收能力強；配合形態上株型高大直立，適合密植的品種，才能提高對光能與土地的利用效率。

二、抗病性

軟腐病、病毒病與露菌病是白菜的三種主要病害，往往造成大幅減產。近年來黑斑病、黑腐病與菌核病也常發生。軟腐病與病毒病幾乎無藥可救。露菌病與其它次要病害雖然有藥可施，但效果卻不盡理想，不僅增加生產成本，而且造成環境污染，農藥殘毒更直接為害人體健康。抗病育種是豐產、穩產，減低成本，增加收益的有效途徑。

三、高品質

品質性狀包括商品的形態、色澤、風味、營養成份。王景義等人(1989) 研究發現，大白菜軟葉含有的維生素、粗蛋白、糖份、乾物質及可溶性固形物都高於葉柄的含量，適口性也比較好（醃漬除外），軟葉率可做為大白菜品質改良的一個指標。近年來隨著生活水準的提高而越來越注重蔬果的殘毒含量，隨著生機飲食的流行也漸漸接受較高價位的有機栽培產品。

四、生育期

生育期長短關係著產期安排，輪作制度與收量高低。一般而言，生育期與產量有正相關，但是早熟品種可能減少颱風豪雨和病虫害的侵襲，有穩產避險的好處。短期小葉菜，配合網室設施和適當的管理規劃，可能減免農藥施用，生產安全衛生蔬菜，使消費者願意提高付費而安心食用，增加生產者的收益。

五、一致性

早期交通不便，菜農用肩挑或人力車搬運到鄰近市場銷售，運量有限，在田間逐個精挑細選，多次慢慢採收，可以獲得最高收益，不嫌固定品種之整齊度。隨著時代進步，交通大為改善，路面平坦，運輸工具既快速化又大型化，由摩托車而小貨車、大貨車，終於直接開到田間打包裝車，運送到大都會的拍賣市場，菜販要求商品整齊均勻，並且一次採收清園。普通固定種不易整齊一致，而逐漸被一代交配種所取代。品種內參差不齊，造成植株大小不齊的生育期差異，使得肥水管理，噴藥防治的時機難以控制，而採收時成熟度的差異，減低採收率，影響產量及品質。

六、抗逆性

夏季高溫多雨，害虫滋生，病害流行，易使植株生長虛弱，導致低產又品質不良，因此耐熱性育種一直是紓解台灣夏季蔬菜短缺的最佳手段。冬季寒流低溫，白菜幼苗就會感溫春化，太早抽苔開花，喪失商品價值，使得菜農血本無歸。耐寒性育種對於南方大白菜（漳浦白菜、皇京白菜和尼龍白菜），以及土白菜和油菜心等都相當的迫切。春天乍暖還寒，忽冷忽熱，影響肥料與水份的吸收利用，引起生理障礙失調，很容易發生頂燒症，以及大白菜的心腐症等，以致失去商品價值，造成重大損失。

七、耐藏性

大白菜是重要的貯藏蔬菜。中國北方地區的貯藏供應期長達五至六個月。台灣氣候溫暖，終年可以栽培生產，但幾乎每年都會有一段期間產銷失衡，造成「菜

金菜土」的現象，需要靠庫藏蔬菜釋放出來，調節市場供需，穩定菜價。耐藏性不僅要求可貯期長又耗損率低，而且能長期保持良好的食用品質。影響耐藏性的主要性狀有生育期長短，花芽分化早晚、抗病性強弱和呼吸作用強度等。

種原搜集篩選與利用

「巧婦難為無米之炊」，遺傳材料的搜集是育種工作的先行步驟。一個具有高遺傳歧異度（genetic diversity）的基因庫（gene pool）是育種家研究創造新品種的最佳憑藉。愈繁複多樣的基因庫，愈有機會包涵意想的基因，便愈容易達成育種目標。種原必先經適當的方法篩選鑑定，才能進而加以有效利用。

一、耐熱性的篩選與利用

形態上，耐熱白菜的葉柄較短，葉片較重，主根較粗，而且主根的分枝較多，根系發達。在高溫環境下，耐熱品種地上部對根部的乾重比值較不受影響。耐熱品種較能保持澎潤狀態，葉片蒸散失水較緩慢，在高溫烈日下，葉片不易萎凋。耐熱品種含有較多的電解質，植株生長過程中，總傳導度與電導度都比較高。

亞蔬中心在初期選擇耐熱結球白菜時，發現耐熱品種都較早熟，結成緊硬的小球，對低溫較敏感，容易抽苔。又發現經 GA （ gibberellic acid ）處理耐熱品種的胚莖反應較敏感，伸長較快。根據上述的一些特徵，亞蔬中心研發下列幾種耐熱篩選的方法：

（一）春化效應 幼苗在連續光照及 5 ℃的溫度下，處理 20 天，可以區別耐熱與不耐熱的植株。耐熱品種春化效應較敏感，較易抽苔。

（二）GA 處理 種子以 500ppm 的 GA4/7 處理 24 小時，然後在培養基上發芽，六天以後測量胚莖的長度，可以區別耐熱與不耐熱的植株。耐熱品種對 GA 處理反應強，胚莖的長度顯著增加。

（三）電導度 耐熱品種含有較多的電解質，測定葉片的電導度，可以區別耐熱與不耐熱。耐熱品種生長過程中，電導度都比不耐熱品種高。電導度的測定可用 Barnstead Conductivity Meter Model 70CB 。

（四）田間耐熱性檢定 前述三種方法可用來做早期篩選，以淘汰不耐熱植株。但在選拔過程中，一定要經過熱天（平均溫度高於 25 ℃）的田間耐熱性檢定才算確認，同時可選拔其他預期的目標性狀。

結球白菜耐熱材料的來源可分為漳浦與皇京兩系。漳浦系發源自閩南的漳浦，在台灣各地春夏秋季普遍栽培。亞蔬中心已搜集到 81 種（表 2.），絕大多數來自台灣。常用在耐熱育種比較重要的種原有 B129（夏勝 35 天）、B152（赤葉一號），B162（夏勝）和 B189（黑葉）等都來自台灣。皇京系發源自廣東的潮州，流行於泰國的京城曼谷大都會區。經由汕頭傳到台南，採種幾乎全部外銷。皇京系耐熱的種原較少，只有八種，半數（B002 、B003 、B104 、B854）來自泰國， B035 、B052 來自台灣，B641 來自香港，B848 來自中國。

表 2. 亞蔬中心搜集可供白菜育種材料之特殊種原

特性	作物	種原數	重要種原編號
耐熱	漳浦白菜	81	B129，B152，B162
	皇京白菜	8	B002，B052，B104
抗病毒病	大白菜	60	B141，B204，B281，B644，B708，B730
	小白菜	1	B461
	大油菜	2	B056，B064
抗露菌病	大白菜	2	B204，B742
	白藍菜	1	B639
抗軟腐病	白藍菜	1	B639
抗根瘤病	大白菜	1	B001

二、抗病性的篩選與利用

人工引導的發病環境，可以提供最好的選拔壓力，以鑑定品種的抗病性。在高溫環境裡，病害大多有增加嚴重性的趨勢，因此發病圃通常都於夏天設置，或在溫室內進行人工接種。軟腐病、露菌病和病毒病是白菜的三種主要病害。抗病性篩選的方法，因病害的病原菌與作物不同而異。亞蔬中心就不同病原菌而採用下列幾種抗病篩選的方法：

（一）細菌性病害的人工接種 白菜軟腐病應用沾菌穿刺法接種或以 10^8 菌落/ml 土壤混菌法接種。

（二）真菌性病害的人工接種 白菜露菌病則從發病植株上採集病菌孢子，製成 10^4-10^6 孢子/ml 懸浮液為接種原，使用噴霧法接種。

（三）病毒病的人工接種 白菜的蕪菁嵌紋病毒病有五個不同的病毒品系，人工接種都是先培養罹病毒病的植株，再由病株萃取汁液，利用金鋼砂或貝殼砂粉末，以機械磨擦方法進行人工接種。接種後先以目測觀察病徵，沒有出現病徵的植株才取樣進行 ELISA 測定。

許多大白菜種原對三個不同病毒品系具有抗性（表 2.），但對 C4 與 C5 品系的抗病種原，卻只發現來自韓國的 B730（平岡新一號）一種而已。從小白菜種原裡面也發現一種來自日本的 B461（雪白體菜）抗病毒。只有兩種來自韓國的大白菜 B204（耐病 60 天 F_1）和 B742（試交 F_1）抗露菌病。另外人工種間雜交大白菜與甘藍菜的合成四元体品種 B639（白藍菜）則能兼抗露菌病與軟腐病，而做為抗軟腐病回交育種計劃的抗病親本。B204 兼抗病毒病與抗露菌病，乃是亞蔬一號抗露菌病的來源。

育 種 方 法

白菜雖然是雌雄同株同花，但花瓣色彩鮮豔，花粉具有香味，又有蜜腺能分泌蜜汁，引誘昆虫採粉吸蜜，自然而然的傳佈花粉，因此繁殖之時要求嚴密隔離，以避免虫媒授粉雜交。加以有些族群內含自交不親和性，更增雜交受粉的機率，因此白菜歸屬於異花授粉蔬菜，遺傳基因型常是異質結合，不易純化，又通常會有近交衰退（inbreeding depression）的現象，而不適用純系育種法。白菜的品種改良與其他異交作物相似，都著力於族群的架構與遺傳變異性。主要方法包括(1)引種（introduction）；(2)選種（selection）；(3)雜交育種（hybridization）；與(4)一代交配育種（F_1 hybrid breeding）。引種只是以品種或雜交組合為單位進行比較選擇。選種是以現有品種在繁殖過程中產生的異變為基礎，先以單株為單位進行選擇，再進行系統群体間比較選擇。雜交育種則是利用現有品種先進行遺傳重組，再進行選擇工作。一代交配育種倒是先行選育自交系，再進行雜交組合的選擇。引種只選用已有的品種或雜交組合，選種、雜交育種與一代交配育種則能創新品種。

一、引種（ Introduction ）

引種是品種改良的一條重要途徑，具有簡單易行，迅速見效的特點。針對當前的生產需要，把外地的優良品種通過適應性試驗，直接在本地推廣種植的工作，稱為引種或生產性引種。廣義的引種是指從外地引進新作物新品種，以及為育種和有關理論研究所需的各種質資源，包括具有特殊優良性狀，但不能直接應用於生產，只做為育種材料而引入的種質資源。

引種的作用不僅在於所引進的品種直接用於生產，以提高產量與品質，而且還可充實育種的遺傳資源，為其他途徑的育種工作提供原始材料。從外地引進的品種，可能不適應新環境的自然氣候、土壤條件，栽培制度或市場需求，但卻往往表現出特殊的優良性狀，或者出現有利的變異，從而成為選擇育種可貴的原始材料，經由選擇優良單株，有可能育成新的品種。引進具有特殊優良性狀的種質資源，經過雜交育種而與本地品種的優良性狀結合，可能創造出更優秀的品種。

二、選種（ Selection ）

選種是改良現有品種和創造新品種的簡便而有效的途徑。利用現有品種在繁殖過程中產生的變異，經過選擇、淘汰的過程而育成新品種的方法，稱為選種。在人類進行雜交育種以前，所有栽培作物的品種，都是通過選種途徑創造出來的。當經過引種觀察認為現有品種都不符合要求時，或雖未進行廣泛的引種工作，但根據各地的品種介紹，估計所需品種不能經由引種解決時，才值得考慮採取選種途徑。因為要完成一個選種過程，往往需要六至七代以上的時間和人力物力的投資，不如引種直接省事。如果現有品種的主要性狀大多符合要求，只有少數性狀表現較差，而這少數較差性狀在個体間的差異較大，則採用選種途徑往往最經濟有效。

（一）混合選種（ Mass selection ）

混合選種為最簡易古老的選種技術，主要目的在於提高族群內的優良性狀頻度。選種流程是從原始的基本族群（ base population ）裏選擇表現優良的單株，誘使選株開花，放任互相自然雜交授粉，混合採收種子而成新的基本族群（圖 2.）。再利用新的基本族群，重複進行選種，直到完成改良目標為止。這種方法簡便易行，費用不多，而且很快就會看出成效。通常三年之內就能檢驗出族群改良的效果。但是這種方法卻難以達到一致的整齊性，也難保持完整不變的後代族群，而需要經驗老到

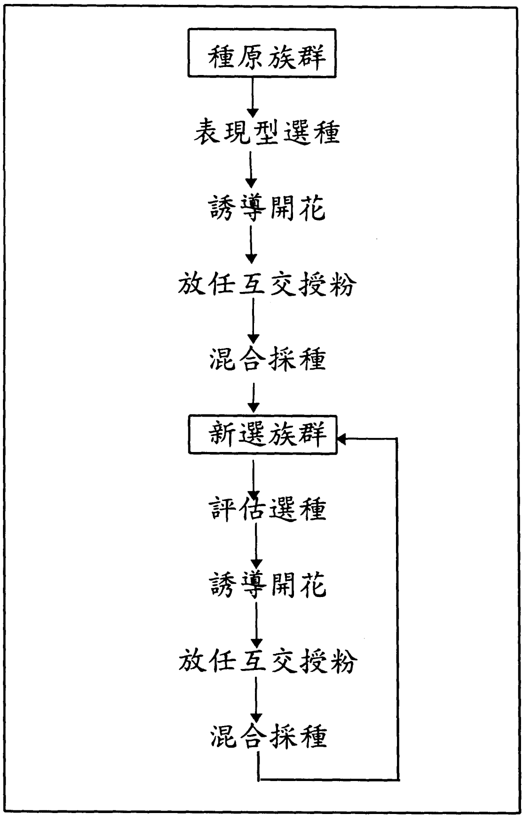

圖 2. 混合選種流程圖

精練的後續選種，才能維持品種特性的高標水準。嚴格選擇，固然能提升整齊性，但若選株太少，則易導致生長勢衰退或採種量減少的現象。因此選株盡量維持在 50 株以上，而且對於各目標性狀都要選出特色單株，加以混合授粉採種，才能維持品種特性。

（二）族系選種（ Family selection ）

如同混合選種，選出表現優良的植株，誘使開花，放任互相自然雜交授粉，但選株種子分別單株採收以組成族系（ family ）。然後，將所有的族系，分系種在一起比較其表現，只有最優族系才能參加進一步的選種。最優族系的選株，特別是性狀相似的種在一起繁殖種子，又分別

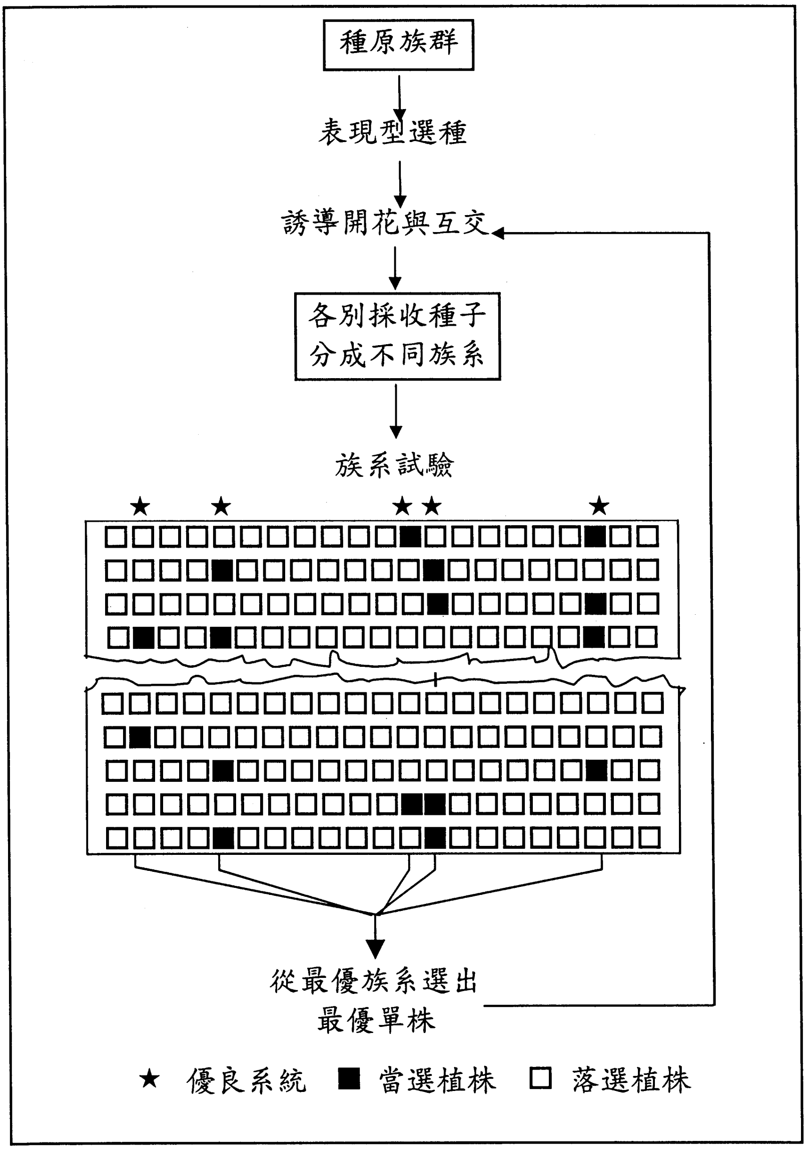

圖 3 、族系選種流程圖

單株採收組成新的族系（圖 3.）。如此重複選種，繼續改良目標性狀。因為只有遺傳性優越的選株後裔，才能繼續參與進一步的選種，所以族系選種比混合選種更有效率。如果在每個新世代都留意選擇足夠數量的選株，又在族系後裔試驗時得以消除環境因素的干擾，族系選種法就能克服混合選種法的限制與缺點。只需稍多費些功夫，族系選種法便成為更有效育成或保存固定品種的良方。

（三）母系選種（Maternal line selection）

從原始的基本族群選擇表現優良的植株，約 200 至 500 株，其中的

特優選株約 10 至 40 株，種在採種圃的中央。如同混合選種，誘使開花，放任互相自然雜交授粉。種在中央的特優選株種子分別單株採收，以組

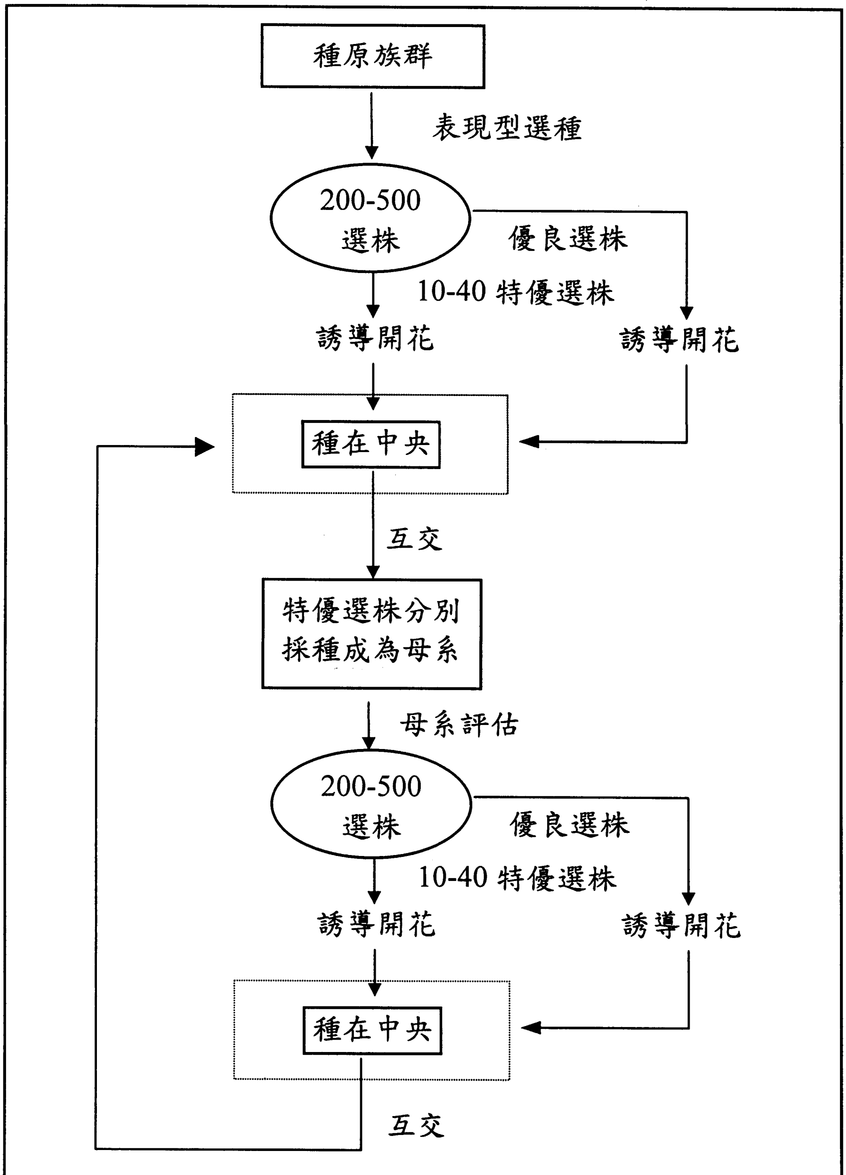

圖 4　母系選種流程圖

成下輪選種的母系（maternal line）。然後，將所有的母系，分系種在一起比較其表現，只有優良母系才能參加進一步的選種。特優母系的特優選株再度種在採種圃的中央，放任在採種圃內自然雜交授粉。種在中央的特優選株種子，又分別單株採收，以組成下輪選種的新母系（圖 4.）。如此重複幾輪選種，即可育成新的品種。這種方法就當做花粉親本的優良選株而言，像是混合選種，然而就當做母系親本的特優選株而言，像似族系選種。

篠原捨喜等人（ 1958 ）為避免混合選種之難以達到整齊性與族系選種有遺失優良基因之虞，同時又能在短期內達到選擇的效果，而首創母系選種法。他們應用這個選種方法，經過五至六輪的選育，就顯著改良結球白菜固定品種的整齊度與早熟性。母系選種法對於可遺傳性高的性狀，以及改良異質結構的固定品種非常有效。

（四）輪迴選種（ Recurrent selection ）

在族系選種時，選株優越性的判斷是根據其放任自然授粉所得後裔的表現。通常這樣的後裔試驗比選株本身的表現提供更正確的育種價值評量。產生後裔試驗種子的交配方法，可以是放任授粉（ open-pollination ）（有如族系選種）、自交（ selfing ）、 頂交（ topcross ）、多交（ polycross ）與全互交（ diallel cross ）。

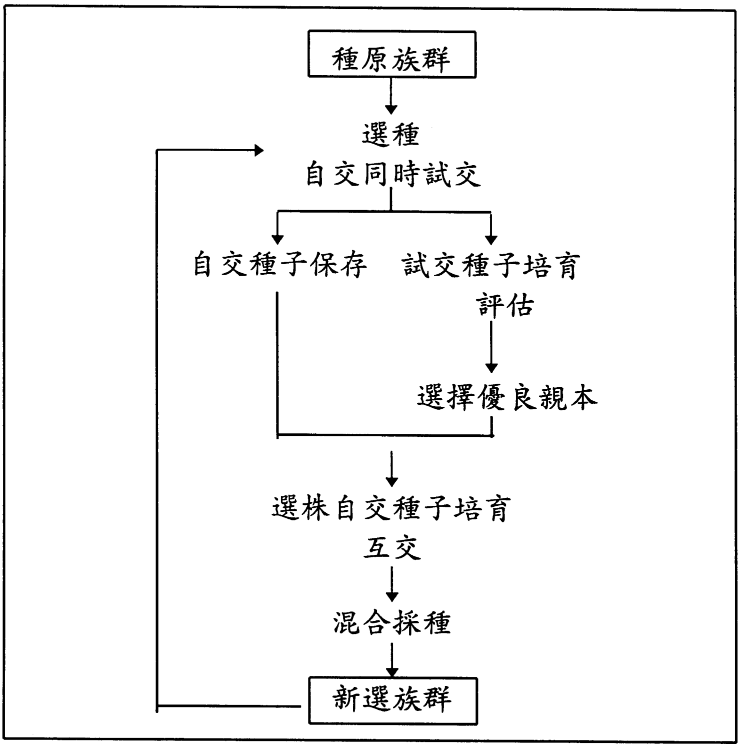

圖 5. 輪迴選種法流程圖

為了累積一個特殊的數量遺傳性狀之必要基因，又不致大幅遺失遺傳變異性，輪迴選種法重複選擇優良選株互交所產生的隔代族群。從一個遺傳變異的原始族群，選擇約 10%具有特定性狀的優秀單株。選株誘導開花後，同時自交與試交，分別單株採收種子。試交的後代種植在有重複的試驗田，進行評估其一般表現。根據試交的評估試驗結果，再挑選表現最優的 20%，使其全體選種強度達到 2%。回頭取其相等數量的自交種子混合均勻，種植在隔離區，誘導開花，放任自

然授粉互交，然後混合採收種子而成新的基本族群，提供下一輪迴繼續選種（圖5.）。

優良選株互交而組成下一輪迴的基本族群，而選株的評估則取決於試交的表現。如果使用一個遺傳基礎寬廣的試交親（例如固定種），則輪迴選種是為選擇一般族群表現的一般組合力（general combining ability）。如果使用一個遺傳基礎狹窄的試交親（例如同質自交系），則輪迴選種是為選擇特定雜交組合表現的特殊組合力（specific combining ability）。一般組合力的輪迴選種可有效增加耐熱結球白菜葉球的重量。

三、雜交育種（Hybridization）

雜交育種是根據育種目標選配親本，藉著人工雜交，把分散在不同親本的優良性狀組合到雜種之中，培育後代進行選擇，比較鑑定，而獲得遺傳性相對穩定、有栽培和利用價值的定型新品種的育種途徑。由於選用的親本之親緣關係遠近不同，而區分為近緣雜交與遠緣雜交。近緣雜交所用的雜交親本屬於同一物種範圍內的類型或品種，而遠緣雜交則超出一個物種範圍的種間或屬間的雜交。雜種後代的變異性質可以通過對親本的選配而得到控制。雜種第二代的變異範圍遠比一般品種自然發生的變異較廣，而為選擇提供豐富的材料基礎。

雜交的目地在於獲得重組基因所控制的優良性狀。因為遺傳機制不同，基因重組（gene recombination）獲得的可能有下列幾種不同的遺傳效果：（1）綜合雙親優良性狀－當控制優良性狀的基因位於異源染色體上時，雜交後代會在獨立遺傳的基因自由組合規律支配下，將雙親的優良性狀重組，而經過選擇培育成新品種。（2）產生新的性狀－當控制優良性狀的基因，具有共顯性（codominance）、超顯性（overdominance）或上位性（epistasis）遺傳時，雜交後代會由於基因重組而改變基因相互作用（gene interaction），因此產生新的性狀。（3）產生超親性狀－當控制優良性狀的基因，具有數量遺傳的累加效應時，雜交分離後代會出現性狀數值超過親本及 F_1 代的變異範圍，稱為超親現象（transgression）。

（一）雜交親本的選配

雜交親本傳遞給雜種的基因是雜種性狀形成的內在物質基礎。親本選擇是根據品種選育目標選用具有優良性狀的品種類型作為雜交親本。親本選配是從當選親本之中，選用親本（父母本的取決）配組雜交與配組的方式（多系雜交親本參與配組的先後次序）。親本選配得當，可以獲得較多符合選育目標的變異類型，從而提高育種工作的效率。

1. 親本選擇的原則

(1) 明確選擇親本的目標性狀 根據品種選育的目標，確定對將當選親本的性狀要求，分清主次，對希望性狀有較高水準，必要性狀不低於一般水準。例如，在抗病、優質育種時，親本的抗病、優質希望性狀的水準應高標，而成熟期、株型、產品器官形態等必要性狀應不低於一般水準，並能被生產和消費者接受。

(2) 研究了解目標性狀的遺傳規律 對目標性狀的遺傳規律了解得越透徹，就越能掌握適當的選育方法，得到事半功倍的成果，避免徒勞無功的窘境。親本如果帶有遺傳傳遞力很強的一個不良性狀，就可能會對後代的改造增加很多困難，而導致整個育種計劃功虧一簣。

(3) 掌握育種目標所要求的大量原始材料 根據育種目標的要求，搜集的原始材料越豐富，就越容易選得符合需要的雜交親本。有些病害的抗病性在一般栽培品種無法找到，就得把原始材料的搜集範圍擴大到半栽培類型，甚至近緣野生類型。

(4) 親本應盡可能兼具多樣優良性狀 親本的優良性狀多而不良性狀少，則便於選配能夠單交互補的雙親；否則就需要採取多系雜交，增加工作的複雜性與育種的年限。

(5) 重用地方品種 地方品種是當地長期自然選擇與人工選擇的精華，對當地的自然條件和栽培條件有良好的適應性，產品符合當地的消費習性，即使有缺點也已很了解。應用地方品種育成的品種，對當地的環境適應性強，又容易被當地的消費市場接受。

(6) 親本優良性狀的遺傳傳遞力要強 雜交親本具有同一對性狀，各方遺傳傳遞給後代的力量有強有弱。雜種後代出現優良性狀的程度與優良性狀個體的頻率，傾向於遺傳傳遞力強的親本。通常野生的或原始類型的＞栽培性狀，母本的＞父本的性狀，純種性的＞雜種性的性狀，本地穩定表現的＞不穩定表現的性狀。應該選擇優良性狀傳遞力強，不良性狀傳遞力弱的親本，才會使雜交後代族群有較多優良性狀組合的個體出現。

2. 親本選配的原則

(1) 親本性狀互補 性狀互補就是雜交親本雙方互相截長補短，把親本雙方的優良性狀綜合，集於雜交後代一身。優良性狀互補有兩個面向：不同性狀的互補和構成同一性狀的不同單位性狀互補。在育種實踐上，可多選配一些親本的組合，應用遺傳學上數量性狀的累加效應，篩選出達到高親水準甚至超親的優良組合。

(2) 不同類型或不同地理起源的親本相組配 不同類型是生長發育習性不同，栽培季節不同或其他性狀方面有明顯差異的親本，親緣關係大多比同類型的基因型有較大分化。不同地理起源是一般性狀方面差異不很大，而且基因型已比同地區的品種間有較大分化，對自然條件的適應性卻有較大差異。用這些差異的親本相配，後代的分離往往較大，也容易選出理想的性狀重組合新品種，但實質成果終究取決於親本基因型差異的程度和性質。

(3) 以兼具最多優良性狀的親本作為母本 由於母本細胞質對後代的影響，往往後代性狀較多傾向母本。因此以兼具較多優良性狀的親本作為母本，而以具有需要改良性狀的親本做為父本，雜交後代出現綜合優良性狀的機會較多。例如當育種目標是提高早熟、優質品種的抗病性時，抗病性是需要改良的性狀，選配親本時應該用品質、早熟性和其他經濟性狀都符合要求的不抗病品種做母本，用抗病品種做父本。用本地品種與外地品種雜交時，通常以本地品種做母本。用栽培品種與野生類型雜交時，通常用栽培品種做母本。

(4) 質量性狀，雙親之一要符合育種目標 根據遺傳學理，從兩個都帶著隱性性狀親本的雜交後代，不可能分離出具有顯性性狀的個體，因此當目標性狀屬顯性時，親本之一應具有這顯性性狀。當目標性狀屬隱性時，雖然雙親都不表現該性狀，但只要有一親是異質的，後代仍有可能分離出所需的隱性性狀。為了事先確認，通常是先行自交，從後代之中確認該性狀分離表現出來。再選擇表現同質隱性性狀個體，做為下一輪的雜交親本。

(5) 以一般組合力高的親本配組 一般組合力是一個親本與其他品種雜交的全部組合平均表現。一般組合力的高低取決於數量遺傳的基因累加效應。基因累加效應控制的性狀，在雜交後代中可出現超親變異，經過選擇可以穩定成定型的優良品種。選擇一般組合力高的親本配組，有可能育成超親的定型品種。一般組合力的高低，不能根據親本自身的表現估測，只能根據雜交後代的表現來判斷。

白菜的性狀很多，遺傳機制十分複雜，許多遺傳變異的規律還不明白。下列一些白菜的性狀遺傳（表 3.）可供雜交親本選配的參考。

（二）雜交的方式

1. 單交（ Single cross ）

參與雜交的親本只有兩個，又稱成對雜交。如果甲與乙兩個親本雜交，而以甲×乙表示，則寫在左邊的甲是母本，寫在右邊的乙是父本。同樣是這一對親本，如果以乙為母本，甲為父本，就以乙×甲表示，這一組合方式是甲×乙的反交，甲×乙就是正交。在細胞質不參與遺傳的情況下，正交與反交雜種後代的性狀一致。如果細胞質參與遺傳，則雜種的性狀傾向於母本。實務上，通常用花期較晚，優良性狀較多或地方品種做為母本；栽培品種與野生種雜交時，多以栽培種為母本。

單交的方法簡便，雜種的變異較易控制，是雜交育種工作中常用的雜交方式。

表 3. 白菜園藝性狀的遺傳

種類	親代	雜種第一代
大白菜	葉片有毛 x 無毛	有毛
	葉片多毛 x 少毛	中間偏多毛
	葉色深綠 x 淡綠	中間略偏深綠
	綠邦 x 白邦	中間偏母本
	包心 x 舒心	包心
	包心 x 擰心	多數包心，少數擰心
	舒心 x 擰心	舒心或擰心
	高球 x 矮球	中間型
	散葉x半結球、花心、擰、褶、疊抱	散葉
	半結球 x 花心 、擰 、褶 、疊抱	半結球
	花心 x 、擰抱、褶抱	花心
	疊抱 x 花心、擰、褶抱	疊抱
	褶抱 x 擰抱	褶抱
	抗病 x 不抗病	中間型
	早熟 x 晚熟	中間偏早熟
小白菜	青梗 x 白梗	青梗（色淡）
	扁梗 x 圓梗	圓梗（高平些）
	長梗 x 短梗	中間型偏長
	花葉 x 板葉	花葉
	大葉系 x 小葉系	中間偏大
	葉數型 x 葉重型	中間偏葉數型
	葉色深綠 x 淡綠	中間型
	直立 x 束腰	中間偏束腰
	早抽苔 x 晚抽苔	中間型

2. 回交（ Backcross ）

雜交第一代及其後續世代與其親本之一再行雜交稱為回交。應用多次回交的方法育成新品種（系）稱為回交育種（ backcross breeding ）。參與回交的親本為輪迴親本（ recurrent parent ），只參與起初一次雜交的親本為非輪迴親本（ nonrecurrent parent ）或稱為供體（donor）。一次回交的雜種為 BC_1 或 BC_1F_1 ，兩次回交的雜種為 BC_2 或 BC_2F_1，一次回交雜種的自交或株間交配的子代為 BC_1F_2 ，依此類推。

回交的目的在於加強後代雜種的輪迴親本性狀，甚至恢復輪迴親本原來的全部優良性狀，並保留非輪迴親本被轉移的優良性狀。所以回交育種的作用，只是改良輪迴親本的少數性狀，是常規雜交育種的一種輔助手段。

3. 多系雜交（ Multiple cross ）

參與雜交的親本有三個或三個以上，又稱複交或複合雜交。依照第三個以上親本參加雜交的次序，又可以分為添加雜交與合成雜交。

(1) 添加雜交（ Additive cross ）

以單交產生的雜種或從其後代選出綜合雙親優良性狀的個體，再與第三個親本雜交，從而產生的雜種還可再與追加的親本雜交，每雜交一次就添入一個親本性狀。添加的親本越多，雜種綜合的優良性狀越多，但育種的年限也因而延長，所以採行添加雜交時，親本不宜太多。

添加雜交的各親本參與交配的先後次序安排，決定各親本在雜種中核遺傳組成的比例。四親添加雜交時，最後一次參與雜交的第四親本，佔雜種核遺傳組成的 1/2 ，第三親本佔 1/4 ，而第一、二親本則各佔 1/8。如果育種目標性狀的遺傳力有高低差別，為預防遺傳力低的性狀在添加雜交的過程被削減，遺傳力高的性狀應先行親本配組，再將遺傳力低的性狀追加親本配組。

如果親本的優良性狀屬隱性遺傳，在 F_1 的後代不能表現而無從確認選擇，應將 F_1 自交，從分離的 F_2 選出綜合親本優良性狀的單株，再與第三親本雜交。

(2) 合成雜交（ Synthetic cross ）

合成雜交與添加雜交的不同之處在於每次雜交不只添加一個親本，而是成倍數添加親本。例如，四個親本先成對配成兩個單交雜種，再進行兩個單交雜種的雜交，從而產生的四親合成雜種可再與追加的雜種雜交，進而產生八親合成雜種，依此類推。合成雜交的各親本機會均等，在雜種中核遺傳組成的比例，不受參與交配的先後次序影響，四親合成雜交時各親本的核遺傳組成各佔 1/4 ，而八親合成雜交時則各佔 1/8 。合成雜交與添加雜交相比，可以在短期內綜合多數親本的優良性狀。如果目標性狀屬隱性，也應使單交雜種自交，從分離的 F_2 選出綜合優良性狀的單株進行不同單交種（ F_2 ）間的雜交。

多系雜交與單交相比，最大的優點是將分散於多數親本上的優良性狀綜合集於雜種一身，大為豐富雜種的遺傳性，有可能育成綜合性狀優良、適應性廣、多種用途的優良品種。多系雜種後代變異幅度大，

所以雜種後代要培育大族群， F_1 應超過 500 株，以增加出現全面綜合多數親本優良性狀單株的機會。

（三）雜種後代的處理

從雜交所得的雜種，只是基因重組的育種原始材料，提供綜合優良性狀於同一個體的可能性。優良基因型能否出現和被保留下來，並被純化為優良品種，還得取決於對雜種後代的培育與選擇，以及一系列的試驗鑑定（如品種比較試驗、區域試驗、生產試驗等）。

1. 系譜法（ Pedigree method ）

系譜法是最常用雜種後代的選擇方法。異花授粉蔬菜的雜種後代進行系譜選擇時需分株套袋防止因雜交而達不到系譜選擇的效果，還要施行人工自交，才能得到 F_2 及其以後世代的種子。

(1) 雜種第一代（ F_1 ） 分別依照雜交組合種植，兩旁種植父本和母本，據以鑑別假雜種與累積 F_1 遺傳變異的資料。每一組合種植二十株。自花授粉蔬菜品種間雜交的 F_1 及異花授粉蔬菜自交系間雜交的 F_1 都表現一致，只根據組合表現淘汰很不合理想的組合。當選組合內通常不進行株選，只淘汰假雜種與顯著不良的單株，其餘的植株依組合混合採種。由於屬隱性的優良性狀與各種基因的重組類型在 F_1 還不能表現，所以對組合的選擇不能太嚴。多系雜交的 F_1 ，有異花授粉蔬菜品種間雜交的 F_1 ，如同自花授粉蔬菜單交的 F_2 ，不只種植的株數要多，而且從 F_1 開始在優良組合內就進行單株選擇。

(2) 雜種第二代（ F_2 ） 分別依照組合種植，並適當種植對照品種，據以選擇優良單株。每一組合的 F_2 族群種植 500-1000 株，甚至更多，應視育種目標性狀的遺傳背景而定。對 F_2 先行組合間比較，淘汰主要性狀平均值較低，又沒有突出優良單株的組合。從當選的優良組合中選擇優良單株。雖然 F_2 的選擇要審慎，選擇標準也不宜太嚴，以免漏失優良基因。因顯性效應與環境條件的影響，不宜針對數量性狀，特別是遺傳力低的性狀（如產量、營養成份含量等）進行選擇，所以 F_2 主要根據質量性狀與遺傳力高的性狀（如植株生長習性、產品器官的形態色澤、成熟期相對早晚等）進行單株選擇。

(3) 雜種第三代（ F_3 ） F_2 當選優良單株各別採收的種子分別種植一個小區。每一小區，即每一單株後代成為一個系統，種植 40 株。每隔 5 至 10 個系統設一對照小區。 F_3 開始對產量等遺傳力低的數量遺傳性狀進行系統間比較選擇，先就主要經濟性狀與一致性選擇優良系統，再針對當選系統仍在分離的性狀選擇單株。多選系統，而每一系統當選的株數可以少些（ 6 至 10 株），以防優

良系統漏失。F_3與後繼世代的培育選擇要務，在於繼續進行系統間與單株間的比較鑑定，迅速選出具有綜合優良性狀的穩定純育系統（pure breeding line）。

(4) 雜種第四代（F_4） 來自F_3同一系統的F_4系統為一系統群（sib group）同一系統群內各系統為姐妹系（sib line）。不同系統群的差異往往比同一系統內姐妹系的差異較大，各姐妹系的綜合性狀往往表現相近。因此在F_4世代，應先比較系統群優劣，從優良系統群中選擇優良系統，再從優良系統中選擇優良單株。F_4的每小區種植 40 株，二重覆，以便更準確的比較產量、品質、抗病性等性狀。F_4開始出現穩定的系統。優良的系統去劣混合採種，升級鑑定；優良穩定的系統群中各姐妹系如表現一致，可依系統群去劣混合採種，升級鑑定。這樣選得的品種，比單一株系選得的品種的遺傳基礎廣泛，對異花授粉蔬菜還可防止生活力衰退，有可能獲得較高的產量與較廣的適應性。

(5) 雜種第五代（F_5）及其以後世代 種植方式與選擇方法大致與F_4相似，只是小區面積適度增大，儘量應用可靠的方法鑑定性狀。F_5之多數系統已穩定，主要進行系統的比較與選擇。隨著雜種世代推進，優良系統越來越集中於少數優良系統群，而不再呈現分散狀態。從F_5以後，通常以系統群為單位進行比較與選擇，先選出優良系統混合採種，升級鑑定。如果在F_4或F_5發現傑出的優良系統，可在繼續進行的比較同時，分一部分種子進行品種比較試驗，以加速新品種育成。如果F_5還不穩定，則需要繼續單株選擇，直到選出整齊一致的系統為止。

由於白菜是會近交衰退的異花授粉蔬菜，過度要求純化，不但會延長育種年限，而且還會導致族群的遺傳基礎貧乏，往往使得生活力與適應性降低。因此，一旦選到主要性狀整齊一致的優良系統，就得停止單株選擇，而就系統或系統群混合採種成為優良品系。優良系統品比試驗、區域試驗、生產試驗等品種試驗程序，肯定後即可成為新品種推廣應用。

為了加速系統純化，並防止生活力衰退，白菜除採行連續二至三代單株自交，再行同一系統內株間交配或相似的姐妹系交配外，還可採取母系選種法。

2. 混合法（Bulk method）

混合法適用於行株距小的自花授粉蔬菜<多系雜種與異花授粉蔬菜，往往得到非育種目標的意外優良重組類型。從F_1開始分組混合種植，直到F_4或F_5。F_2及以後世代族群，應有四至五千株，甚至更多。在F_4或F_5以前，有時完全不加選擇，但通常在各世代中針對

質量性狀和遺傳力高的性狀進行混合選擇。到 F_4 或 F_5 進行一次單株選擇，當選的株數多達數百株，盡可能包括各種類型。 F_5 或 F_6 以株系種植，二重複。每一株系的株數較少，約 10 至 20 株。嚴格選擇少數（約 5%）優良株系，升級鑑定。

自花授粉蔬菜的雜交後代，經過幾代放任授粉混合採種繁殖後，族群內大多數個體的基因型已近於完全同質結合。異花授粉蔬菜的雜交後代，經過幾代隔離混合採種繁殖後，族群內大多數個體的基因型也已得到充分的重組機會。在分離世代保持較大的族群，就為提供各種基因型重組出現的機會。混合法的優點：（ 1 ）由於分離世代的族群大，直到 F4 或 F5 才進行一次單株選擇，不會漏失最優良的基因型，又可只經一次單株選擇，就得到穩定的系統；（ 2 ）選擇效果有時不輸系譜法；（ 3 ）方法簡單易行；（ 4 ）大族群處於自然選擇下，容易獲得有利性狀的改良；（ 5 ）對分離世代長，分離幅度大的多系雜種的選擇效果較好。缺點：（ 1 ）不同基因型個體的繁殖率與後代成活率不盡相同，經過幾代混合種植後，族群內各重組基因型的頻率不盡均等，對當時當地自然條件與栽培條件適應性強的基因型所佔的比例必然變大，因此人工選擇目標與自然選擇目標不一致的性狀，就有在混合種植過程中漏失的可能；（ 2 ）未加選擇經歷分離世代，族群後代中存在諸多不良類型；（ 3 ）雜種種植的族群大，選擇世代要選的株數多，下代的系統數多，試驗規模大，如果規模縮小，就會漏失優良基因；（ 4 ）無法考察當選系統的歷史與親緣關係，缺乏歷史資料與親族佐證，因而系統的取捨比系譜法較難。

3. 單子後裔法（ Single seed descent ）

單子後裔法是混合選擇法的一種衍生選擇方法，較適用於自花授粉蔬菜。 F_2 種植 200-500 株，從 F_2 開始，每代從每一單株上取一粒種子播種下培育一代。每代不進行選擇，繁殖到遺傳性穩定不再分離的世代為止，大約至 F_4-F_5 代，再將每個單株種子分別採收。異花授粉蔬菜還需要施行人工自交，才能得到 F_2 及其以後世代的種子。下代分別播種成 200-500 個株系，進行株系間比較鑑定，一次選出符合選育目標的整齊一致品系。

單子後裔法與混合法相比的優點：（ 1 ）約束 F_3 至 F_5 代（ F_2 至 F_4 進行單子後裔傳代時）各代族群大小不超過 F_2，而且族群不大，適合行株距大的作物與在設施內加代。（ 2 ）保證每一 F_2 個體都有均等繁殖後代的機會， F_2 有多少單株， F_5 仍有那麼多單株形成 F_6 株系。

單子後裔法與系譜法相比的優點：（ 1 ）減省三至四代分系種植與選擇的工作量。（ 2 ）當 F_2 至 F_3 的族群較大，而且 F_5 選留的單株又

多時，F_6可以同時有大量差異性大的純育株系供比較選擇。缺點：（1）當目標性狀是由多對基因控制，而F_2的族群又不夠大時，育種目標所期望的重組基因型可能不出現。雖這些未出現的基因型仍然可能從已具有的異質結合体之後代重組出來，但是因為每個F_2只限繁殖一個後代，所以很可能漏失。不如系譜法，對F_2就進行選擇，使得較有希望在後代分離出理想基因型的優良個體，能夠繁殖較多後代而提高理想基因型出現的頻率。（2）對F_5至F_6各株系的歷史與親緣關係無法考察，缺乏歷代表現與親族佐證，因而對株系取捨的判斷較為困難。F_2族群分離很大時，宜用系譜法，而分離小時，則可行單子後裔法。

品種性狀形成與培育條件的關係密切，雜種後代的性狀形成並非由於雜種後代能同化培育條件，而是在適當的培育條件下，雜種的性狀得以充份表現，從而提高人工選擇的可靠性。除人工選擇外，雜交後代的選育過程中，如光照、溫度、濕度、病蟲害等生態因子也發揮相當大的自然選擇作用。通過自然選擇的考驗，而提高品種的適應性。

為了提高選擇效果，不同組合、系統的雜種後代應在一致條件下培育，將環境條件的影響降到最低限度，使遺傳性的差異充分顯現。因此要求試驗田地力均勻，一天內完成播種、定植工作（至少完成一整個重複），施肥、灌溉、排水、中耕、除草、病蟲害防治等措施應力求一致。

四、一代交配育種（F_1 hybrid breeding）

白菜的雜種優勢（hybrid vigor）很顯著。因為一代交配雜種（F_1 hybrid）有增產顯著、抗逆性強與整齊度高等優點，所以一代交配育種日益受到重視。近年來，由於育種技術的研究發展，改善自交不親和性、雄不育性與遲配性在雜交採種上的應用，而加快白菜一代交配雜種優勢利用的進度，使得雜交種越來越多而漸漸取得主流地位。

（一）親本的選配

一代交配親本的選擇與傳統雜交育種的親本選擇相似，但親本選配則有所不同。傳統雜交育種可經由雜種後代的分離與重組選取所需要的類型，而一代交配雜種的親本組合優勢直接決定F_1的表現。因此，選配一代交配親本時，應更重視構成綜合性狀的各目標性狀之間的互補。使親本的優良性狀在F_1充份表現出來。親本的選配應從品種開始，再從選定的親本品種內選育自交系，因而縮小自交系的選育範圍，減少後續工作量。應先行組合力檢定，選擇特殊組合力較高的品種做為培養自交系的原始材料。中國陝西省蔬菜所（1975）的試驗証明，自交系的組合力與其來源親本品種的組合力趨勢一致，可見組合力的早期檢定十分必要。

（二）自交系的選育

自交系的培育過程就是對選定做為親本的品種連續自交與選擇的過程。採取系譜法，經四至六代的自交選擇，就可獲得主要性狀不再分離，生活力不再明顯衰退的高度同質結合的自交系。以後，就以各自交系為單位採取混合選擇法繁殖留種。可採取輪迴選種法使親本材料的優良基因集中於自交系，以提高自交系的品質。又可採用花粉（花藥）培養法，培養單倍體植株，再使單倍體加倍，而得到純結合二倍體，以加速自交系的選育進度。還可採取萌動種子低溫春化，長日誘導開花的方法，配合在設施內或送到異地加代繁殖，以縮短世代時間，加快育種進程。

（三）組合力的檢定

雜種優勢主要經由等位基因間的顯性效應與非等位基因間的相互作用效應所成就。雜交組合優勢的強弱，主要取決於特殊組合力，因此，自交系育成以後，要對自交系的特殊組合力進行檢定。以自交不親和系或雄不育系做母本配組雜交種時，組合力檢定採取格子方配法；以自交親和遲配系配組，則可採用輪配法。白菜雜交種的配組方式大多採取單交種，三交種與雙雜交種較少見。

（四）雜交種子生產

把兩個親本自交系隔行種植於隔離區，利用異花授粉的習性可產生白菜雜交種子。雜交種子生產大多利用自交不親和性。近年中國大陸在自交遲配性與雄不育性應用於雜交種子的生產技術，有突破性的發展。自交不親和性的遺傳機制，可參考治田辰夫 (1962)，亞蔬中心 (1988) 和沈再發 (1990)。至於雄不育性則可參考沈再發 (1990)，馮輝、魏毓堂 (1996)。

1. 自交不親和系×白菜普遍存在自交不親和性。經過連續自交選擇，可育成穩定遺傳的自交不親和系。利用（自交不親和系×自交系）的配組方法，將母本自交不親和系與父本自交系隔行種植於隔離區，從母本自交不親和系採收的種子就是雜交種。父本自交系，如果也是自交不親和系或是自交遲配系，就可以採收雜交種；如果是沒有自交遲配性的自交親和系，則採收的種子雜交率低，不可以做為雜交種出售。
2. 自交遲配系　自交慢於異交受精而導致異花授粉的現象，稱為自交遲配性。遲配性強則異交率高。品系間的遲配性不同，造成不同品系間異交率的差別。利用遲配性生產雜交種子時，必先測試雜種的雜交率。如果雜交親本帶有明顯的苗期標識性狀，則便於在苗期汰除假雜種，而提升雜交種的實用性。最適合做標識性狀的是葉毛：有毛對無毛呈顯性。以無毛自交系做母本，有毛做父本配組雜交，則 F_1 雜交種株有毛，而母本自交株無毛。

3. 單基因雄不育系 由一對細胞核基因所控制的雄不育性，不論是顯性或隱性，都只能獲得不育株率穩定在 50%左右的雄不育「兩用系」。以「兩用系」做母本配組雜交種時，需在開花授粉前拔除可育株。因此，「兩用系」栽植密度應提高一倍。「兩用系」與父本自交系依照行比 4:1 種植於隔離區，初花期切實拔除將「兩用系」的可育株，從不育株採收的種子就是雜交種。
4. 複基因雄不育系 由一個基因座的三個複等位基因或兩對基因相互作用所控制的雄不育性，都可獲得具有 100%不育株率的雄不育系。以複基因雄不育系配組雜交種，只要將雄不育系與父本自交系依照行比 4:1 種植於隔離區，從雄不育系採收的種子就是雜交種。

五、其他育種途徑

（一）遠緣雜交育種

遠緣雜交是白菜創造變異的手段之一。日本園藝試驗場的清水、金澤等人（ 1962 ）用大油菜（ n=19 ）與白菜（松島新二號， n=10 ）種間雜交，導入抗病性而育成抗軟腐病的大白菜品種「平塚一號」，在日本已廣泛用做抗軟腐病的育種材料。西貞夫（ 1980 ）用白菜與甘藍（ n=9 ）種間雜交，藉助於胚培養（ embryo culture ），選育成功的人工合成複合種「白藍（ Hakuran ）」（ n=19 ），從六十年代開始，在日本西部推廣上市，葉球品味有如結球萵苣一般柔嫩多汁，供應鮮食與醃漬加工都適用。白藍菜高抗軟腐病與其他細菌性病害，又很耐熱抗旱，所以很容易栽培。因此，白藍菜也成為白菜抗逆性與抗病性育種的珍貴材料。生井、細田（ 1976 ）以蕪菁（ n=10 ）與球莖甘藍（ n=9 ）種間雜交，人工合成耐寒豐產的蕪菁甘藍（ Rutabaga ）。日本的時田種子公司以甘藍與小松菜（ n=10 ）種間雜交，胚培養 F_1（ 2n=19 ），再用秋水仙素（ colchicine ）處理 F_1 植株之生長點，使其染色体加倍成為同質配對（ 2n=38 ），因而恢復稔性，經過系統比較篩選，選系組合成一代交配雜種千寶菜一號與二號。千寶菜抗軟腐病，耐熱又耐寒，帶有甘藍的甜味，並且含大量維生素，台灣已有引進當做有機蔬菜栽培。

（二）誘變育種

白菜用 0.2-0.4%的秋水仙素處理生長點，不難誘生多倍体。誘變所得的多倍体（大多是同源四倍体），雖然生殖器官顯著增大，表現出一般誘發多倍体的肥大性，但是營養器官，尤其是產品器官，葉球並不增大，而且往往植株生長緩慢，結球性差，以致直接利用價值不大。王子欣（ 1993 ）以秋水仙素處理誘發產生的四倍体大白菜做母本與二倍体大白菜雜交，獲得新的同源四倍体。新四倍体比原生誘變的四倍体顯著改善經濟性狀。新四倍体是二倍体未減數配子（ 2n 配子）與四倍体正常的 2n 配子受精結合的產物。這種方法可能成為改良人工誘發四倍体的一條有希望途徑。

鹿英杰、李光池（1944）應用鈷 60 的迦瑪射線，輻射誘變，育成龍輻二牛心大白菜新品種。經誘變處理過的材料，再經過連續篩選而育成的優良品種，其變異部份究竟有多少是來自誘變，尚待查証。

（三）細胞融合與基因轉移育種

現代生物技術已經發展成為改良農作物的重要方法。由於白菜遺傳資源的變異性很大，大致上變異幅度與範圍可以滿足傳統品種改良方法對變異量的要求。現代生物技術應針對傳統創造變異方法無法解決的問題。例如細胞融合技術可用於轉育遠緣材料的不育細胞質（非對稱融合），培育新的胞質型或核質互作型雄不育系，因為白菜未曾發現不育細胞質。基因轉移技術可用於將抗虫基因轉移到白菜，因為白菜未曾出現較為抗虫的材料。以細胞工程與基因工程為主体的現代生物技術，將來在白菜抗逆性育種上，很有發揮的空間。

育種成就

白菜是日常生活最常見的菜蔬。早在 1624 年，荷蘭東印度公司在台南建築熱遮蘭城，積極經營南台灣，招募中國沿海漢人移民開墾拓植。隨著先民渡海來台，小白菜應早就已引進栽培。由於小白菜的低溫需求不多，很容易開花留種，所以很快就本土化而成為俗稱的土白菜。1661 年，鄭成功驅逐荷蘭人，率領大批軍民據守台灣，從事屯田，生聚教練，隨從大多是來自閩南的漳泉人民，漳浦白菜可能也同步跟進。河洛人（黃河、洛水人氏）為了躲避中原戰亂，大舉南遷到閩南地區定居，隨身攜帶發源於原鄉河南的平頭型大白菜，經歷許多世代馴化而成為比較耐熱早生的漳浦白菜。台灣的亞熱帶氣候條件，很不適合原產於溫帶的大白菜生長發育，更不容易開花留種，所以一直停滯於引種階段，年年依賴外地生產供應的種子。直到 1937 年發生蘆溝橋事變，中日戰爭全面開打，當時被日本管轄的台灣與中國大陸之間的航運不暢，導致蔬菜種子貨源不繼，農民才不得不設法自己留種。後來有人賣種子嚐到甜頭，才逐漸興起互相學習留種技術而蔚成風氣，開啟品種改良的契機。到 1941 年日本偷襲珍珠港，引爆太平洋戰爭，海上交通更加艱險。隨著戰爭局勢逆轉，終於連台灣與日本間的航運也幾乎斷絕。因而，蔬菜種子進口的來源完全被封鎖。為了勉力供應軍隊需求，日本軍國統制物資供銷，早已大肆搜購的軍需用品名單，蔬菜種子也赫然在列，使得蔬菜種子供銷更是雪上加霜。隨著戰局逆轉惡化，絕大部份軍需品都在運輸途中，隨船沉到太平洋底，導致蔬菜種子更加嚴重缺貨，因而台灣的採種事業更加興盛。甚至連日本的瀧井種苗公司也到屏東設立熱帶蔬菜研究農場，以針對南進政策帶來的龐大商機搶分大餅。大戰前後，隨著採種技術的進步，通過選種經驗的累積，漳浦白菜逐漸本地化而演化成早、中、晚生品種，順應各地不同季節的需要。

1945 年大戰結束，百廢待舉。不久戰亂又起，1949 年國民政府從中國大陸倉惶出走到台灣。台灣與中國之間的航運，在大戰結束後短暫復航，很快就隨著戰亂再起而中斷，斷的更絕。共產黨佔據中國之後，東南亞的共產勢力日益猖獗，引起各國政府的疑懼。到 1956 年泰國與馬來西亞聯手剿共，因而與中國的共產政權交惡，終至斷絕往來。於是原本到廣東、閩南採購種子的訂單湧到台灣，雲嘉南地區取代了汕頭與廈門的生產基地，蓬勃發展成為新的十字花科蔬菜採種中心。這段期間引進很多新蔬菜，其中屬於白菜類的就有天津白菜、汕頭白菜、青梗白菜、扁合白菜、葵扇白菜、烏塌菜、油菜心、紅苔菜與蕪菁等。後來青梗白菜與油菜心更成為台灣的重要蔬菜。

1956 年迅速興起的十字花蔬菜採種事業，蓬勃發展了二十年，品種改良隨著採種事業的帶動而起飛。前十年選育出很多優秀的固定品種，同時藉著引進甘藍與白菜的一代交配種，而將一代雜種的優點展現給國人認識，漸漸深入人心。後來終於慢慢的開花結果，陸續育成本土的一代交配品種，漸漸步入一代雜種優勢主導的時代。

一、 大白菜

漳浦白菜原產於閩南漳浦縣，很早就隨鄭成功的人馬渡海東來，但因不易開花留種，而持續仰賴中國大陸生產的種子，直到 1937 年中日戰爭以後，貨源短缺才漸漸有人設法留種。原來的漳浦白菜都從福建的廈門與廣東的汕頭進口，大致是中生 60 天品種，但很不整齊，收穫期往往從定植後 45 天開園採收拖到 70 天以上，結球率只 60 %左右。 最終不能包心的菜公仔，也能採到市場賤賣，俗稱烏肉雞。到四〇年代台南的喜樹與彰化的溪湖已經分別選育成漳浦早生 35 天白菜(表 4.），結球率約 80%，具有耐熱、早生、質優的優良特性。 定植後的生育期先提早到 35 天，後來更逐漸改良超前到 30 天。日本的阪田種苗公司應用漳浦早生白菜×山東白菜育成的系列中間型白菜，具有半耐熱性而且適應性廣的優點。其中濱綠白菜從 1960 年開始風靡台灣歷時三十年，而夏陽白菜則在泰國與南中國廣受歡迎。從漳浦白菜分離出來的品種，還有王金讚在四〇年代就育成的路竹赤葉極早生 28 天白菜；鄭奇 1958 年育成的五爪甲 35 天白菜； 1964 年王金讚與郭水祿聯手育成的大葉烏 40 天白菜；林福元則在 1967 年選出大寒晚生 45 天白菜。皇京白菜於 1959 年由台灣農產種苗公司接受港商訂單，交給台南市的復建寅號負責，透過鄭奇募集台南喜樹地區的農民，開始在台灣委託採種，外銷到泰國。 郭水祿從皇京白菜採種的後代族群中，發現與鳳山白菜自然雜交的變異株，經過六年朝結球方向選擇， 1965 年得到的新種半結球白菜，比皇京白菜高大豐產，質地脆嫩，從小苗到緊包的成株都可採收上市，葉色清淡翠綠，葉片細緻縐縮，有如當時新發明上市稍微透明的尼龍布料，所以市場上就以新奇的〝尼龍白菜〞打出知名度。山東白菜在日本是很重要的日常菜蔬，在日本人治理台灣的時期大力引種，以應殖民之需。從日本引進的山東白菜只能在秋冬季栽培，早期的固定品種有野崎白菜與京都 3 號等。光復後，日本率先育成一代交配品種，很快就傳到台灣來試種，

先後引進理想、無雙、金將、霸王、錦秋等 F_1 品種。1958 年農生種子行的蔡文卿率先引進渡邊採種場育成的一種（漳浦早生白菜×山東白菜）中間型的 F_1 白菜，因其台日純系的交配組合像似鄭成功的中日混血 而命名為成功白菜。成功白菜兼具母本耐熱與父本耐寒的體質，對冷熱的適應性很廣，在台灣秋作可以從晚夏（八月中旬）播種到孟秋（十月下旬）；春作從冬末（二月中旬）播種到早春（三月中旬），迅速的在耐熱的漳浦早生白菜與耐寒的山東白菜之中間地帶打出一片天地，冷涼與溫熱兩頭通吃，風行一時。兩年之後，捷發種子行的許捷三發現坂田種苗公司育成的中間型類似品種，濱綠白菜，比成功白菜更耐熱、適應性更廣，而且園藝性狀較近似漳浦白菜。隨即透過茂生公司取得代理經銷權，而緊跟在成功白菜後面大力推廣，漸漸取代成功白菜，而成為台灣推廣大白菜之領導品種，歷經二十年後才漸漸消退。先被 1980 年陳文江育成武藏野公司生產的中間型文武白菜部份取代，後來又被 1989 年蔡江河與蔡慶倉父子聯手育成的慶農 400 號取代大部份。濱綠白菜之後，另一個比較耐寒的優質中間品種，瀧井種苗公司育成的新秋白菜，1966 年引進，逐漸取代晚生品種山東白菜的冬作栽培。1978 年施銀行育成的元寶二號比新秋白菜高產，但只風行兩年就因易感染軟腐病而迅速沒落。1987 年以後，進口的晚生白菜漸漸被慶農百號白菜所取代。

夏季結球白菜原是漳浦早生與五爪甲 35 天白菜的天下。施銀行利用漳浦早生×漳浦早生白菜做父母本，到 1972 年育成台南早生 35 天白菜，是台灣第一個本土化的一代交配結球白菜品種，整齊度與產量比傳統的固定品種大幅提升，深受各地農民與菜販的歡迎，種子常常供不應求。1975 年陳文江以楠梓黑葉一、二、三號白菜等三個組合跟進。楠梓黑葉二號比台南早生白菜耐雨，1978 年農生種子公司開始以夏光四號的名號，行銷各地，享譽全台。1979 年以後漸漸取代台南早生白菜。1982 年施正廷育成大暑白菜，二年後取代了容易黑心的夏光四號。1986 年，蔡易新育成雙喜白菜，又取代了較不耐雨的大暑白菜。1990 年慶農二百號推出，以端正的圓球，又更早生而漸漸取代雙喜白菜。農友種苗公司的 288 白菜，黑葉圓球又比較高產，曾經在雙喜白菜與太祖白菜之間，佔有一席之地，1991 年以後也漸漸被慶農 801 白菜所取代。

中華種子公司 1976 年育成的三雜交中華三號與 1977 年的雙雜交中華四號都以漳浦早生 x 皇京白菜，耐熱、早生、品質優越，又比漳浦早生交配的台南早生、夏光四號大球豐產，曾經試圖在台灣推出行銷，但以球形介於漳浦圓球與皇京尖球之中間型，不被消費市場認同，後來只好全部外銷。雙雜交的一個皇京白菜親本自交系，是利用蘿蔔花粉遠緣雜交的偽受精達到直接固定的效果，而且還有自交親和遲配性的特質。1980 年農生種苗公司賣出的新龍 S 白菜產量高出漳浦早生交配種約 40-50%，但因縐葉生毛，球形也不被消費者認同，只風行兩年就迅速沒落。1982 年命名的亞蔬一號也遭遇相同命運。1989 年命名的桃園亞蔬二號園藝性狀已改進比較近似漳浦白菜，受到北台灣消費者歡迎，但採種一波三折，沒得

表 4. 台灣之大白菜品種改良成績單

品 種	育成年代	方 法	種 源	機 構	成 就 者
漳浦白菜	鄭治	引種	中國 OP	民間	
山東白菜	清治、日治	引種	中國、日本	民間、農事試驗場	
天津白菜	光復後	引種	中國 OP	民間	
汕頭白菜	1959	引種	泰國 OP	台灣農產種苗公司	廖學義
漳浦早生 30 天	四 O 年代	集團選種	漳浦白菜		魏銓
路竹赤葉 28 天	四 O 年代	集團選種	漳浦白菜		王金讚
五爪甲 35 天	1958	集團選種	漳浦白菜	鄭奇種子行	鄭奇
大葉烏 40 天	1964	集團選種	漳浦白菜		王金讚、郭水祿
大寒種 45 天	1967	集團選種	漳浦白菜		林福元
皇京白菜	1959	引種	汕頭白菜	台灣農產種苗公司	廖學義
尼龍白菜	1965	自然雜交	皇京 x 土白菜		郭水祿
野崎白菜	日治	引種	日本 OP	農業試驗場	
京都三號	日治	引種	日本 OP	農業試驗場	
理想白菜	五〇年代	引種	日本 F_1		
成功白菜	1958	引種	日本 F_1	農生種子行	蔡文卿
濱綠白菜	1960	引種	日本 F_1	捷發種子行	許捷三
濱光白菜	1960	引種	日本 F_1	捷發種子行	許捷三
新秋白菜	1966	引種	日本 F_1	台灣農產種苗公司	廖學義
錦秋白菜	七〇年代	引種	日本 F_1	周瑞和種苗公司	周瑞卿
台南早生	1972	一代交配	漳浦早生		施銀行
元寶二號	1978	一代交配	漳浦早生 x 新梗		施銀行
大暑四號	1982	一代交配	漳浦早生 x 雜交		施正廷
太祖白菜	1984	一代交配	漳浦早生 x 中生		施正廷
楠梓黑葉二號	1975	一代交配	漳浦早生		陳文江
楠梓文武白菜	1980	一代交配	漳浦早生 x 山東		陳文江
楠梓晚生 45 號	1993	一代交配			陳盈彰
中華三號	1976	一代三交	漳浦 x 皇京	中華種子公司	張連宗
中華四號	1977	一代雙交	漳浦 x 皇京	中華種子公司	張連宗
夏光四號	1978	一代交配	楠梓黑葉二號	農生種子公司	
新龍 S	1980	一代交配	雜交系 x 雜交系	農生種子公司	
雙喜白菜	1986	一代交配	漳浦早生 x 雜交	農生種子公司	蔡易新
抗病二號	1982	一代交配	漳浦早生 x 雜交	農泰種子公司	鄭興陸
亞蔬一號	1982	一代交配	雜交系 x 雜交系	亞蔬中心	R.T.Opena、羅三
桃園亞蔬二號	1989	一代交配	漳浦早生 x 雜交	亞蔬中心	J.Y.Yoon、張連宗
夏寶	1986	一代交配		生生種苗公司	
288	1988	一代交配		農友種苗公司	
百號	1987	一代交配	漳浦早生 x 大寒	慶農種苗公司	蔡江河、蔡慶倉
四百號	1989	一代交配	漳浦早生 x 大寒	慶農種苗公司	蔡江河、蔡慶倉
二百號	1990	一代交配	漳浦早生 x 雜交	慶農種苗公司	蔡江河、蔡慶倉
強百號	1993	一代交配		慶農種苗公司	蔡江河、蔡慶倉
慢百號	1994	一代交配		慶農種苗公司	蔡江河、蔡慶倉
601	1994	一代交配		慶農種苗公司	蔡江河、蔡慶倉
701	1994	一代交配		慶農種苗公司	蔡江河、蔡慶倉
801	1991	一代交配	漳浦早生	慶農種苗公司	蔡江河、蔡慶倉
302	1988	一代交配		美久種苗公司	羅三和
702B	1992	一代交配	漳浦早生 x 雜交	美久種苗公司	羅三和
瑞星	1990	一代交配	漳浦早生 x 雜交	欣樺種苗公司	施耀宗、施辰東
瑞芳	1990	一代交配	漳浦早生 x 雜交	欣樺種苗公司	施耀宗、施辰東
瑞秀	1991	一代交配		欣樺種苗公司	施耀宗、施辰東
12	1986	一代交配		鄭奇種苗公司	鄭敬忠、鄭啟輝
130	1993	一代交配		鄭奇種苗公司	鄭敬忠、鄭啟輝
336	1994	一代交配	漳浦早生 x 晚生	鄭奇種苗公司	鄭敬忠、鄭啟輝
490	1991	一代交配	皇京白菜	鄭奇種苗公司	鄭敬忠、鄭啟輝
17 黑龍白菜	1995	一代交配	漳浦 x 皇京	鄭奇種苗公司	鄭敬忠、鄭啟輝

順利推廣。1993 年種苗改進協會舉辦大白菜品種比賽，冠軍瑞星白菜與亞軍美久 702B 白菜也都因為球形較長，而無法與慶農種苗公司的系列圓形白菜抗衡。鄭奇種苗公司出品的系列白菜也都因球形問題而以外銷為主。前述多種白菜，雖然各有特色，但都因球形不夠圓，而無法打開台灣的主流市場。園藝性狀仍然是台灣白菜市場之第一考量，環境適應性（耐熱、耐雨、耐寒、抗病）與穩定豐產為次要因素。

二、小白菜

土白菜是最早隨先民渡海來台的白菜葉類蔬菜，發源於華南，低溫需求不多，很容易開花留種，自然而然馴化成為土生土長的土白菜。一直到現今，土白菜仍然是台灣最重要的夏季蔬菜。光復前後，民間選種成為葉色金黃色的黃金白菜，以及淡綠色的鳳山白菜（表 5.）。台灣農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所的陳文郁發現鳳山白菜的出眾優點，加以集團選種純化，1956 年仍以鳳山白菜的名稱，大力推廣。同時台南金鐘種子行的辛平也選育成株型較直立，葉色較青綠的新種土白菜，為求新奇致勝而以新加坡白菜的名號推出。中部地方種植的土白菜葉色較深綠，俗稱台中白菜。後來農友種苗公司推出的三鳳二號比鳳山白菜更嫩黃醒目，葉形也較圓，葉柄較狹窄肥厚，在南台灣可週年播種，不像鳳山白菜在低溫期播種會小株抽苔。日治時代，為了因應日本殖民的需求，透過農事試驗場的引種試驗，引入大阪白菜，丸葉山東菜與切葉山東菜等原產於日本之菜種，在秋冬季栽培。光復前後中斷了幾年，因土白菜在秋涼季節容易小株抽花，才再重新進口大阪白菜、丸葉山東菜與東京切葉菜等晚生小白菜。鑑於台灣所有的土白菜品種都不耐寒，秋冬季很容易抽苔，只能種植從日本進口品質較差的晚生小白菜。鄭奇種苗公司的鄭敬忠應用黃金白菜與日本進口的一條根晚生小白菜進行雜交育種，到 1979 年育成的晚生小白菜，耐寒又耐熱，適應性很廣，單一品種就能週年栽培，即使冬天最冷的季節種植，採收時只稍含花苔，風味更佳，不虞小株抽花，夏作比本產土白菜高產，冬作比進口的日本小白菜質優，因此風行全台灣，菜農以其種子較紅褐色，而暱稱為紅珍珠白菜。富農種苗公司隨後推出的夏勝黃金白菜，在 1994 年種苗改進協會主辦的小白菜類品種比賽，得到黃金白菜組的首獎，性狀類似前述的紅珍珠白菜，乃是丸葉山東菜採種自然雜交到土白菜的單株後代純育而成。鳳試分所的沈再發與許淼淼，利用鳳山白菜與皇京白菜做親本，進行雜交育種，朝不結球方向選擇，到 1985 年成功命名為台農一號，比鳳山白菜品質柔軟，風味甘甜，產量高過 40%，耐熱性強，適合夏季栽培。

青梗白菜直到 1951 年才由農試所自中國引入試種，得到市場接受歡迎，很快就成為台灣的重要蔬菜。早期流行矮腳大頭品種，由於採收後不易捆綁成束包裝，而轉向高腳品種。鄭奇種苗公司利用在來種進行一代交配育種，到 1987 年育成半青梗、矮生的#341(F_1)，具有耐熱、耐雨、豐產特性，又在 1992 年育成青梗、高腳的#313(F_1)，豐產又耐寒，兩個品種互相搭配，在台灣就可週年栽培生產。

白梗白菜流行在長江流域，五〇年代經由香港引進台灣，一直不大能夠被市場接受。扁合白菜，植株高大，株型必需直立，才能提高單位面積產量。農友種苗公司的農友二號白梗白菜屬於高腳白梗白菜型，盛產於長江流域，是典型的高腳白梗白菜，葉柄

長寬扁平。葵扇白菜又稱為黑葉奶油白菜，是典型的矮腳白梗白菜，葉片深墨綠色，平板寬圓形如葵扇，葉柄呈奶油白，甚至雪白色，非常耀眼。葵扇白菜也盛行於馬來西亞，所以有人稱為馬來白菜。

三、小油菜

先民很早就引進台灣，原本只有葉用油菜，大多在厝前厝後零星種植，光復前後才有大面積栽培，採收油菜籽，榨取菜籽油，五〇年代以後漸漸被大油菜取代，才又回復原來的葉菜角色。專採收花苔的油菜心，原是廣東特產蔬菜，直到大陸失守之後才引進台灣。因為很容易開花採種，所以很快就本土化。中國大陸開放以後，民間種子業者繼續引種馴化，近年鄭奇種苗公司選育成耐熱極早生 30 油菜心與耐寒極晚生 100 天油菜（表 5.）。農友種苗公司育成的一代交配秀珍油菜屬於菜葉與菜心兩用型，播種後 30 天至抽苔前整株採收，或等待抽苔後整株採收，也可以陸續採收花苔。鄭奇種苗公司則別出心裁，以晚生油菜與青梗白菜做親本，雜交組合成一代交配的新油菜，在 1992 年育成的極晚生#613 油白菜，兼有豐產、耐熱又耐寒的特性，在台灣可以週年栽培生產，又因帶有青梗白菜的扁甲性狀而以外銷為主。紅苔菜原產於中國，引種流行於日本，光復後才引進台灣，但一直只有零星栽培。

結　　語

白菜伴隨先民遷移到台灣，歷經數百年歲月，除了容易開花留種的土白菜與小油菜，很快就本土化而分離演化成許多在來種之外，大白菜都一直依賴進口種子，到 1937 年中日開戰以後，海上交通不暢，蔬菜種子缺貨，菜農才不得不試驗留種自用。隨著戰局吃緊，動亂不停，種子來源不繼，才興起採種風氣，以求自給自足。共產黨佔據中國大陸以後，竹幕深垂，互不通航，一九五〇年代不僅引進許多新種白菜，而且大量採種外銷到海外華人社區，品種改良隨著採種事業的蓬勃發展而起飛。從一九三〇到一九六〇年代，引種與固定品種的選育有了長足的進步。從一九五〇開始引進一代交配品種試種推廣，慢慢教化大眾接受一代交配品種的觀念，到一九六〇年代就漸漸進入 F_1 雜種優勢主導的時代。1972 年施銀行育成第一個本產 F_1 白菜，帶動本土的 F_1 育種風潮，F_1 品種不斷推陳出新，不僅漸漸取代外來品種，而且不斷擴大外銷市場。

鑑於社會型態的轉變，蔬菜栽培面積本來就逐漸縮減，加以穴盤育苗的普及，使得種子用量驟減三至五倍，還有可預見的農產品開放進口競爭，迫使菜農喪失栽培意願，將可預期種子銷量大減。競爭對手，除了日本善用現代科技與行銷技術而難以匹敵，近年中國在雄不育性與自交遲配性的採種應用技術有突破性的發展，配合其人力資源與地利條件，料將成為可敬的競爭對手。因應之道，除了加強應用已經開發成熟的組織培養技術，並善用新進發展的生物技術遺傳工程，以彌補傳統育種之不足，也應考慮摒除門戶之見，互相整合，組成具有經濟規模的聯合公司，協力改良適合外銷的品種，到國外委託採種，降低生產成本，提升國際競爭力。

表 5. 台灣的白菜品種改良成績單

作物	品種	育成年	方法	種源	機構	成就者
大白菜	(詳見另表 4)					
小白菜	土白菜	荷治	引種	中國 OP	民間	
	大阪白菜	日治	引種	日本 OP	民間	
	丸葉山東菜	日治	引種	日本 OP	民間	
	切葉山東菜	日治	引種	日本 OP	民間	
	黃金白菜	日治	集團選種	土白菜	民間	
	鳳山白菜	1943	集團選種	土白菜		謝財之胞兄
	鳳山白菜	1956	集團選種	鳳山白菜	鳳山分所	陳文郁
	新加坡白菜	1956	集團選種	土白菜	金鐘種子行	辛平
	台中白菜		集團選種	土白菜	民間	
	三鳳二號			鳳山白菜	農友種苗公司	
	晚生小白菜	1979	雜交育種	黃金白菜 x 一條根	鄭奇種苗公司	鄭敬忠
	台農一號	1985	雜交育種	鳳山白菜 x 皇京白菜	鳳山分所	沈再發、許淼淼
	夏勝黃金	1990	自然雜交	丸葉山東 x 黃金白菜	富農種苗公司	廖學連
	珍珠白菜	1993	引種	日本 F_1	新裕興種子公司	
	扁合白菜	光復後	引種	中國 OP	民間	
	農友二號			白梗白菜	農友種苗公司	
	葵扇白菜	1951	引種	中國 OP	民間	
	青梗白菜	1951	引種	中國 OP	台灣農試所	
	341 青梗	1987	一代交配	在來青梗白菜	鄭奇種苗公司	鄭敬忠、鄭啟輝
	早生華京	1988	引種	日本 F_1	台灣農產種苗公司	廖清亮
	華王	1989	引種	日本 F_1	豐田種苗公司	
	華冠	1990	引種	日本 F_1	台灣農產種苗公司	廖清亮
	夏賞味	1991	引種	日本 F_1	富農種苗公司	廖學連
	313 青梗	1992	一代交配	在來青梗 x 新加坡種	鄭奇種苗公司	鄭敬忠、鄭啟輝
	213 青白菜	1992	一代交配	五月慢 x 青梗白菜	鄭奇種苗公司	鄭敬忠、鄭啟輝
	613 油白菜	1992	一代交配	晚生油菜 x 青梗白菜	鄭奇種苗公司	鄭敬忠、鄭啟輝
小油菜	油菜	鄭治	引種	中國 OP	民間	
	台中在來		集團選種	在來種	民間	
	苑裡油菜		集團選種	在來種	民間	
	100 天油菜		集團選種	在來種晚生	鄭奇種苗公司	鄭敬忠
	秀珍		一代交配	晚生油菜	農友種苗公司	
	油菜心	光復後	引種	香港 OP	民間	
	農友早生			油菜心	農友種苗公司	
	30 天油菜心	1995	集團選種	中國 OP	鄭奇種苗公司	鄭敬忠、鄭啟輝
	紅菜苔	光復後	引種	中國、日本	民間	
烏塌菜	烏塌菜	1951	引種	中國 OP	台灣農試所	
蕪菁	蕪菁	1959	引種	中國 OP	台灣農試所	
	野澤菜	1986	引種	日本 OP	民間	
大油菜	大油菜	1954	引種	日本、加拿大、德國	農業改良場	
	白藍菜	1976	種間雜交	日本 OP		
	千寶菜	1987	種間雜交	日本 F_1	王石龍	

主 要 參 考 文 獻

1.台灣省政府農林廳編印. 1991. 蔬菜作物育種程序及實施方法. 中興新村 南投 台灣. 148pp.

2.沈再發. 1990. 十字花科蔬菜育種. 摘自：園藝作物育種講習會專刊. 台灣省農業試驗所. 霧峰 台中 台灣. p.181-202.

3.張連宗. 1985 . 結球白菜耐熱性育種. 摘自：夏季蔬菜生產改進研討會專輯. 台灣省桃園區農業改良場. 桃園, 台灣. p. 35-52.

4.張連宗. 1988. 自交不親和作物種子生產技術. 摘自：園藝種苗產銷技術研討會專集. 台灣省種苗改良繁殖場. 新社 台中 台灣. p.159-175.

5.張連宗. 1998. 台灣十字花科蔬菜品種改良. 摘自：十字花科蔬菜產業發展研討會專刊. 台灣省桃園區農業改良場特刊第九號. 桃園 台灣. p. 35-53.

6.陳農哲、 鄒篪生. 1995. 亞洲蔬菜研究發展中心育種成就與展望. 摘自：蔬菜育種研討會專刊. 台灣省桃園區農業改良場. 桃園 台灣. p. 167-192.

7.李家文. 1984. 中國的白菜. 農業出版社. 北京，中國. 234pp.

8.西南農業大學主編. 1988. 蔬菜育種學（第二版）. 農業出版社. 北京 ，中國. 346pp.

9.馮輝、魏毓堂. 1996. 大白菜. 摘自：周長久主編. 現代蔬菜育種學. 科技學術文獻出版社. 北京 中國. p. 86-108.

10.Dickson M.H. D.H. Wallace. 1986. Cabbage breeding. In: Bassett M.J. (ed.) Breeding Vegetable Crops. The AVI Publishing Company Inc., Westport Connecticut USA. p. 395-432.

11.Haruta T. 1962. Studies on the Genetics of Self- and Cross-incompatibility in Cruciferous Vegetables. Research Bulletin No. 2. Takii Plant Breeding Experimental Station, Tokyo, Japan. 169pp.

12.Nishi S. 1980. Differentiation of Brassica crops in Asia and the breeding of 'Hakuran' a newly synthesized leafy vegetable. In: Tsunoda S. K. Hinata and C. Gomez-Campo (eds.) Brassica Crops and Wild Allies Biology and Breeding. Japan Scientific Societies Press Tokyo Japan. p. 133-150.

13.Opeña R.T. C.G. Kuo and J.Y. Yoon. 1988. Breeding and Seed Produciton of Chinese Cabbage in the Tropics and Subtropics. Asian Vegetable Research and Development Center Shanhua Tainan Taiwan. 92pp.

14.Opeña R.T. C.Y. Yang S.H. Lo and S.H. Lai. The Breeding of Vegetables Adapted to the Lowland Tropics. Technical Bulletin No. 77. Food and Fertilizer Technology Center Taipei Taiwan. 16pp.

15.Talekar N.S. and T.D. Griggs (eds). 1981. Proceedings of the 1st International symposium on Chinese Cabbage. Asian Vegetable Research and Development Center Shanhua Tainan Taiwan. 489pp.